

PEMANFAATAN LIMBAH PADAT TAPIOKA SEBAGAI BAHAN BAKU PLASTIK MUDAH TERURAI (*BIODEGRADABLE*)

Adista Normiyanti dan Novirina Hendrasarie
Progdi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Email : novirina@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Penelitian untuk membuat plastic yang mudah terurai (*Biodegradable*) dari limbah padat tapioca dna uji kemampuannya. Film plastic dibuat dengan cara hidrolisis pati tapioca dan limbah padat tapioca (onggok). Menggunakan 2 pelaryt asetat dengan perbandingan 50 gram ml pelarut. Nilai pH 7 yang digunakan pada pH pelarut. Komposisi film plastic adalah 7,5 gram hasil hidrolisis; 100 ml aquades; 45 ml ethanol 96%; gliserol 1,2 ml; dan variasi massa hasil hidrolisis antara pati tapioka dan limbah padat tapioka (onggok) yaitu, 100% : 0% ; 70% : 30; 50% : 50%; 30% : 70% dan 0% : 100% dari massa hasil hidrolisis.

Hasil penelititan menunjukkan bahwa film plastik yang d variasikan dari pati tapioca dan limbah padat tapioca (onggok) dengan kuat tarik antara 68,64-79,53 kgf /cm² serta elongasi antara 28-47,4% serta hasil biodegradasi 0,0033-0,0170 g hari ke-2; 0,0225-0,0613 g hari ke-10; dan 0,0423-0,1362 g hari ke-15.

Kata kunci : film plasrik, hidrolisis, limbah padat tapioka

ABSTRACT

Research made an biodegradable plastics from tapioca solid waste and test capabilities. Plastic film prepared by hydrolysis of tapioca starch and tapioca solid waste (onggok). Using two solved acetates with 50 grams/ mL of solvent. pH value of 7 is used on solvent ph. The composition of the plastic film is the result of hydrolysis of 7,5 grams; 100 ml aquades; 45 ml of ethanol 96%, glycerol 1,2 ml; and mass variation between the results of hydrolysis of tapioca starch and tapioca solid waste (onggok) is, 100%: 0%; 70%: 30%, 50%: 50%, 30%: 70% and 0%: 100% of the mass of the hydrolysis.

The results showed that plastic film that vary from tapioca starch and tapioca solid waste (onggok) with a tensile strength between 68,64 to 79,53 kgf / cm² and elongation between 28 to 47,4% and the results of biodegradation from 0,0033-0,0170 g 5 days; 0,0225-0,613 g 10 days; and 0,0423-0,1362 g 15 days.

Keywords : plastic film, hydrolysis, tapioca solid waste

PENDAHULUAN

Pemanfaatan limbah dalam pembuatan plastik yang mudah terurai sangat besar karena hasil produksi limbah di Indonesia sangat besar, salah satunya limbah padat tapioka. Industri tepung tapioka baik skala kecil (rumah tangga) dari bahan baku singkong menghasilkan limbah sekitar 2/3 bagian atau 75% dari bahan mentahnya. Limbah tersebut berupa limbah padat atau yang sering disebut *onggok* (ampas tapioka) (Retnowati dan Sutanti, 2009).

Kandungan pati dan selulosa yang terdapat pada limbah pada tapioka masih potensial untuk dimanfaatkan secara optimal.

Plastik adalah salah satu benda yang tidak dapat dilepaskan dari kehidupan masyarakat sehari-hari, intensitas penggunaan plastik sebagai kemasan semakin meningkat karena plastik memiliki keistimewaan tersendiri sebagai bahan kemasan.

Namun, pemanfaatan tersebut menjadi masalah lingkungan global karena plastik tidak dapat terurai. Hal ini dikarenakan bahan baku plastik yang terbuat dari minyak bumi tidak dapat diuraikan secara alami dan cepat serta pembuangan plastik dengan jumlah total konsumsi plastik dalam satu tahun dibutuhkan 12 juta barel minyak dan 14 juta batang pohon sebagai bahan baku dasarnya. Pemanfaatan limbah padat tapioka menjadi plastik yang mudah terurai merupakan suatu cara alternatif penanganan limbah secara efektif karena dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Tujuan Penelitian

1. Membuat plastik yang mudah terurai (*Biodegradable*) dari limbah padat tapioka.

2. Mengetahui kemampuan kuat tarik, kemuluran (elongasi) dan biodegradasi.

Manfaat Penelitian

Memberikan alternatif plastik yang mudah terurai dengan memanfaatkan limbah padat tapioka.

Ruang Lingkup

1. Bahan yang digunakan adalah limbah padat tapioka PT. Lautan Warna Sari, Lampung.
2. Penelitian dilakukan di Laboratorium UNAIR kampus C dan Pengujian dilakukan di UNAIR kampus B.
3. Uji yang dilakukan adalah uji sifat mekanik (kuat tarik dan elongasi) dan uji biodegradasi dengan bakteri EM4.

LANDASAN TEORI

Plastik konvensional adalah plastik yang berbahan dasar minyak bumi, petroleum, gas bumi, atau batu bara. Plastik konvensional memiliki waktu yang sangat lama untuk diuraikan. Namun saat ini plastik konvensional dapat didaur ulang menjadi produk lain.

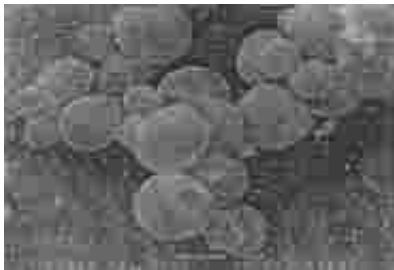
Plastik *biodegradable* terbuat dari material yang dapat diperbaharui yaitu dari senyawa-senyawa yang terdapat pada tumbuhan dan hewan. Plastik *biodegradable* memiliki waktu urai lebih cepat dari plastik konvensional karena terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida.

Singkong (*Manihot utilissima*) disebut ketela pohon atau ubi kayu adalah pohon tahunan tropika atau subtropika. Singkong merupakan bahan baku berbagai produk industri,

seperti industri makanan, farmasi, tekstil, dan lain-lain.

Ampas tapioka adalah salah satu hasil samping pabrik tapioka yang sering dimanfaatkan sebagai makanan ternak yang memiliki kandungan protein rendah dan bahan baku industri asam sitrat. Ampas tapioka merupakan limbah yang cepat membusuk jika tidak diolah lebih lanjut. Oleh karena itu diperlukan usaha untuk memanfaatkan ongkrok tapioka (zainal, 2009).

Menurut Winarto F.G., pati merupakan homopolymer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Berbagai macam pati tidak sama sifatnya, tergantung dari panjang rantai C-nya, serta lurus atau bercabang rantai molekulnya. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilopektin. Amilosa mempunyai struktur lurus dengan cabang ikatan α -(1,4)-D-glukosa sebanyak 4-5% dari berat total (Septorini, 2008).



Gambar 1. Granula Pati Singkong (Cereda *et.al.*, 2000)

Sifat Fisis dan Kimia Pati

1. Sifat Fisis Pati

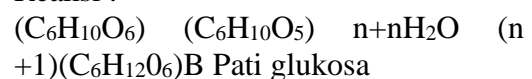
Merupakan zat kimia padat berbentuk granular. Berwarna putih, dan berbau. Tidak larut dalam air dan pelarut organik. Tidak termasuk reducing power. Pati dapat memutar bidang polarisasi cahaya yang besarnya

$\alpha^{20}D$, tetapi berbeda untuk tiap jenis pati. Pada temperature $60^{\circ}C$, larutan pati tidak bereaksi dalam air dan hanya terjadi proses adsorpsi fisis yang reversible yang akan terjadi pengembangan massa sampai konsentrasi 50% larutan. Pada suhu $60-80^{\circ}C$ reaksi amylase larut dalam amilopektin membentuk gel. Pada suhu ini terjadi peristiwa absorbsi kimia yang irreversible yang disebut gelatinization terp.

2. Sifat Kimia Pati

Pati dapat mereduksi larutan Fehling. Pati mengalami reaksi hidrolisa total membentuk glukosa.

Reaksi :



Pati tidak dapat mereduksi perak amoniakal (reagens tollens). Reagen endapannya dilarutkan dalam NH_4OH excess.

Uji Sifat Mekanik

Karakteristik mekanik suatu film kemasan terdiri dari kuat tarik (tensile strength), kuat tusuk (puncture strength), perpanjangan putus (elongation to break), dan elastisitas (*elastic / young modulus*). Parameter-parameter tersebut dapat menjelaskan karakteristik mekanik dari bahan film yang berkaitan dengan struktur kimianya dan menunjukkan indikasi integrasi film pada kondisi tekanan (stress) yang terjadi selama proses pembentukan film.

Sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen-komponen penyusun film plastic, yaitu : pati, gelatin, serta gliserol. Gliserol sebagai *plasticizer* dapat memberikan sifat elastis pada plastic. Pengaruh terhadap sifat

mekanik ini disebabkan peningkatan affinitas dengan adanya penambahan gelatin.

Menurut Weiping Ban, faktor penting yang mempengaruhi sifat mekanik pada suatu film plastik adalah affinitas antara tiap komponen penyusunnya. Affinitas adalah suatu fenomena dimana atom atau molekul tertentu atau berikatan. Dengan adanya peningkatan affinitas maka semakin banyak terjadi ikatan antar molekul. Kekuatan satu bahan dipengaruhi oleh ikatan kimia penyusunnya. Ikatan kimia yang kuat bergantung pada jumlah ikatan molekul dan jenis ikatannya (seperti ikatan kovalen, iom=n, hoidrogen, dan Van der Walls). Ikatan kimia yang kuat sulit untuk diputus karena diperlukan enerfi yang cukup besar untuk memutus ikatan tersebut (darni dkk, 2008).

1. Kuat tarik

Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh film selama pengukuran berlangsung. Kekuatan tarik merupakan kakuatan tegangan maksimum suatu bahan untuk menahan tegangan yang diberikan. Menurut Van Vlack, kekuatan tarik menyatakan ukuran besar gaya yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak bahan. Kekuatan tarik merupakan kekuatan tegangan maksimum suatu bahan untuk menahan tegangan yang diberikan yaitu :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

σ =kuat tarik (*tensile strength*)

F =beban (Nm⁻²)

A=luas penampang (m²)

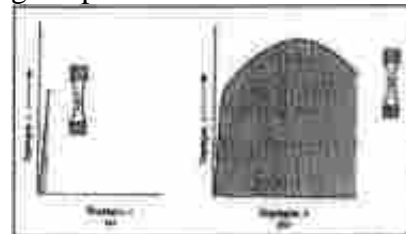
Kekuatan tarik yang bersifat merusak adalah untuk menentukan sifat bahan, secara umum perpatahan digolongkan menjadi dua macam, yaitu :

a. Perpatahan Rapuh

Menurut Van Vlack, perpatahan rapuh melibatkan sedikit atau tanpa deformasi plastic sehingga memerlukan sedikit energi untuk mematahkan material tersebut. Misal : gelas, polisterine, dan beberapa besi tuang (Denia, 2011).

b. Perpatahan Ulet

Perpatahan ulet memerlukan energi yang besar dalam proses perpatahan karena membutuhkan banyak energi tambahan untuk mendeformasi material secara plastis disekitar garis patahan.



Gambar 2. Perpatahan (a) rapuh; (b) ulet

2. Perpanjangan putus (elongasi)

Perpanjangan putus merupakan perubahan panjang maksimum film sebelum terputus. Kekuatan tarik merupakan kekuatan tegangan maksimum suatu bahan untuk menahan tegangan yang diberikan.

Menurut Van Vlack, besarnya elongasi menentukan elastisitas atau keuletan (*ductility*) suatu material. Bila nilainya mendekati nol maka material tersebut merupakan material yang rapuh (Mariana, 2007).

Elongasi adalah regangan plastic linear yang menyertai perpatahan

$$\square \frac{(L-L_0)}{L_0} \times 100\%$$

Keterangan :

□ : kemuluran

L_0 : panjang awal (cm)

L_i : panjang akhir (cm)



Gambar 3. Dimensi Uji Kuat Tarik dan Elongasi

Uji Biodegradabilitas

Degradasi polimer menurut Billmeyer adalah pengurangan berat molekul, sedangkan W. Schnabel mengartikannya sebagai penyebab perubahan sifat fisika (misalnya perubahan warna, retak permukaan, pemutusan sebagian dan penggetasan) akibat reaksi kimia yang melibatkan pemutusan ikatan dalam tulang punggung makromolekul. Degradasi dapat terjadi sepenuhnya pada ujung rantai atau pada posisi ikatan lemah lainnya. Faktor penyebab degradasi polimer antara lain panas (degradasi termal), cahaya (foto degradasi), bahan kimia (degradasi kimia), gesekan (degradasi mekanis), dan mikroorganisme (biodegradasi).

Biodegradasi adalah proses degradasi yang disebabkan oleh inisiasi makhluk hidup secara biologis. Biodegradasi plastik adalah polimer tinggi yang diubah kedalam struktur bersenyawa rendah dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Proses ini terjadi lebih cepat bila plastic mengandung makanan bagi mikroorganisme seperti pati, selulosa, atau lignoselulosa. Mikroorganisme yang terlibat dalam proses ini adalah bakteri dan jamur. Yang mampu menguraikan zat-zat mati

demi pertumbuhannya dan menghasilkan enzim khas yang dapat menyerap polimer alamiah (Mariana, 2007).

Pengujian sifat biodegradabilitas bahan plastic dapat dilakukan menggunakan enzim, mikroorganisme, dan uji penguburan. Lembaga standarisasi internasional (ISO) telah mengeluarkan metode standar pengujian sifat biodegradabilitas bahan plastic sebagai berikut :

1. ISO 14851 penentuan biodegradabilitas aerobik final dari bahan plastic dalam media cair. Metode pengukuran kebutuhan oksigen dalam respirometer tertutup,
2. ISO 14852 : penentuan biodegradabilitas aerobik final dari bahan plastik dalam media cair. Metode Analisa karbondioksida yang dihasilkan.
3. ISO 14855 : penentuan biodegradabilitas aerobik final dan disentrifikasi dari bahan plastic dalam kondisi composting terkendali. Metode Analisa karbondioksida yang dihasilkan.
4. Menurut Griffin, beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat biodegradabilitas kemasan setelah kontak dengan mikroorganisme, yakni : sifat hidrofobik, bahan aditif, proses produksi, struktur polimer morfologi, dan berat molekul bahan kemasan, proses terjadinya biodegradasi film kemasan pada lingkungan alam akan dimulai dengan tahap degradasi kimia, yaitu dengan proses oksidasi molekul, menghasilkan polimer dengan berat molekul yang rendah. Proses berikutnya (*secondary process*) adalah serangan mikroorganisme (bakteri, jamur, dan alga) dan

5. aktifitas enzim (*intracellular dan extracellular*). Contoh

Mikroorganisme diantaranya bakteri phototrop (*Rhodospirilus*, *Rhodopseudomonas*, *Chromatium*, *Thiocystis*), pembentuk endospore (*Bacillus*, *Clostridium*), gram negative aerob (*Pseudomonas*, *Zoogloa*, *Azobacter*, *Rhizobium*), *Actinomyces*, *Alcaligenes* (Latief, 2001).

Uji biodegradabilitas menggunakan bakteri EM4. Uji biodegradasi dilakukan untuk mengetahui tingkat degradasi plastik.

METODE PENELITIAN

Bahan

Tapioka, Limbah Padat Tapioka, Asa, Asetat glasial (CH_3COOH), Asam Natrium (CH_3COONa), Gliserol, dan ethanol 96%.

Peralatan

Peralatan yang digunakan selama penelitian adalah pemanas listrik (*magnetic stirrer*), saringan dengan ukuran 75 μm diameter 25 cm, serta cetakan *plexiglas*.

Prosedur Penelitian

Prosedur pembuatan plastik melalui beberapa langkah sebagai berikut :

1. Persiapan Bahan

Pati tapioka dan limbah padat tapioka (serbuk) diayak menggunakan saringan berukuran 75 μm dengan diameter 25 cm.

2. Pembuatan Pelarut

Pembuatan pelarut asetat pH 7 dibuat dengan mencampurkan natrium asetat (PA) ke dalam larutan asam asetat (PA).

3. Pemanasan Bahan (Tapioka dan Limbah Padat Tapioka) dan Pelarut

1) Tapioka dimasukkan dalam gelas beker (250 ml) dan dimasukkan 50 ml pelarut (PA) pH 7. Setelah itu dilakukan pencampuran menggunakan *heater* yang dilengkapi *stirrer* untuk menggerakkan *magnetic stirrer* dengan suhu 40°C dan kecepatan 60 rpm sampai campuran mengental, kemudian dimasukkan kedalam wadah dan dikeringkan.

2) Limbah padat tapioka (onggok) dimasukkan dalam gelas beker (250 ml) dan dimasukkan 50 ml pelarut (PA) pH 7. Setelah itu dilakukan pencampuran menggunakan *heater* yang dilengkapi *stirrer* untuk menggerakkan *magnetic stirrer* dengan suhu 40°C dan kecepatan 60 rpm sampai campuran mengental, kemudian dimasukkan kedalam wadah dan dikeringkan.

4. Pembuatan Plastik

Hasil bahan dan pelarut yang telah kering, dihaluskan dengan ukuran 75 μm dan diambil 7,5 g dengan presentasi sebagai berikut :

Tabel 1. Massa Tapioka dan Limbah Padat Tapioka

Berat Jenis Sampel	Sam-pel 1	Sam-pel 2	Sam-pel 3	Sam-pel 4	Sam-pel 5
Tapioka	7,5 g	5,25 g	3,25 g	2,25 g	-
Limbah Padat Tapioka	-	2,25 g	3,25 g	5,25 g	7,5 g

Kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker (250 ml) sebanyak 100 ml aquades, ditambahkan 45 ml ethanol 96%, dan gliserol 1,2 ml. Larutan dipanaskan pada *hotplate magnetic stirrer* dengan suhu kurang dari 70°C dan kecepatan 60 rpm sampai mengental. Setelah mengental dicetak diatas *plexiglass* (20 x 10 cm) dengan ketebalan 1 mm dan didinginkan pada

suhu ruang. Plastik yang dihasilkan berbentuk lembaran tipis.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Proses Pelepasan Plastik



Gambar 4. Tapioka (Sampel 1)

Setelah dilakukan proses pelepasan plastik dari cetakan, plastik yang dihasilkan dari tapioka (100%) berwarna bening dan transparan.



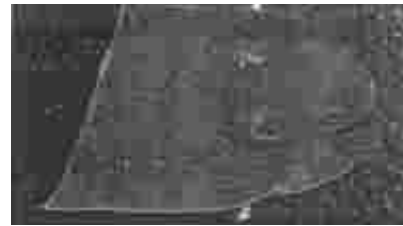
Gambar 5. Tapioka Limbah Pada Tapioka (Sampel 2)

Dari sampel 2 dengan variasi tapioka 70% dan limbah padat tapioka 30% dihasilkan plastik dengan warna mulai bening keciklatan dan transparan.



Gambar 6. Tapioka dan Limbah Padat Tapioka (Sampel 3)

Untuk Sampel 3 pada gambar diatas dengan variasi tapioka dan limbah padat tapioka 50% : 50% plastik yang dihasilkan berwarna lebih coklat dari sampel 2 , tetapi tetap transparan.



Gambar 7. Tapioka dan Limbah Padat Tapioka (Sampel 4)

Pada Sampel 4 dengan variasi tapioka 30% dan limbah padat tapioka 70% menghasilkan plastik yang berwarna coklat dan transparan.

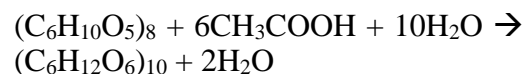


Gambar 8. Limbah Padat Tapioka (Sampel 5)

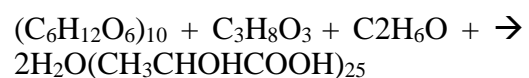
Plastik yang dihasilkan dari limbah padat tapioka (100%) berwarna coklat gelap dan transparan.

Mekanisme Reaksi

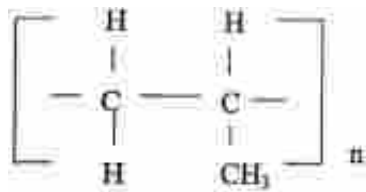
Tahap pertama adalah pati tapioka ditambahkan dengan asam asetat



Proses pencampuran menghasilkan glukosa ditambahkan dengan gliserol, ethanol 96%, dan aquades.



Proses reaksi tersebut menghasilkan monomer yang saling berikatan satu sama lain dan membentuk rantai panjang. Polimer yang terbentuk disertai pemutusan ikatan rangkap dari monomer yang membentuk ikatan tunggal.



Gambar 9. Rumus Kimia Polipropilene

Tabel 2. Uji FTIR

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang				
	Tapioka	Tapioka + Limbah Padat Tapioka			Limbah Padat Tapioka
		70:30:00	50:50:00	30 : 70	
Alkohol O - H stretch	3270,71	3278,28	3288,08	3272,28	3284,62
Alkane C - H stretch	-	2925,55	2925,55	2931,12	2931,69
Amide C = O stretch N - H stretch	- 155795	1648,11 1556,55	1648,11 1556,55	1649,54 1558,81	1649,12 1558,43
Aromatik C = C	1409,16	1408,01	1408,01	1409,55	1409,47
Ester C - O stretch	-	1148,01 1002,52	1148,77 1000,95	1001,86	1149,21 1022,39
Alkene = C - H bending	995,16	925,84	926,69	923,48	922,44
Alkyl Halide C - Cl stretch C - Br stretch	- 594,87 552,89 509,29	644,58 557,54 508,14	644,95 558,99 509,67	642,17 559,52	648,09 557,31

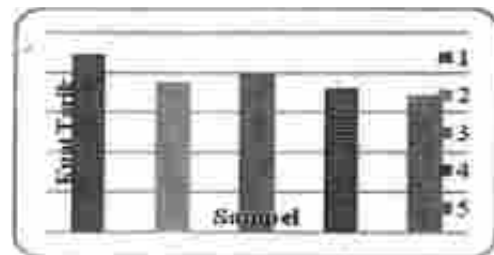
Berdasarkan tabel 4.1. dapat diketahui bahwa plastik yang dihasilkan masih memiliki banyak gugus fungsi O-H dan C-O stretch. Dengan dimilikinya gugus fungsi tersebut maka plastik dapat terdegradasi. Pada penambahan limbah padat tapioka terdapat bilangan

gelombang C - H, C = O, C - O, dan C - Cl stretch yang pada tapioka tidak ditemukannya gugus fungsi tersebut.

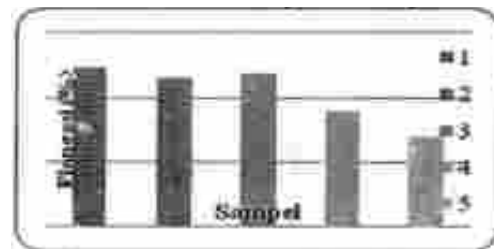
Tabel 3. Data Hasil Uji Kuat Tarik dan Elongasi

Sampel	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (□ %)
1	89,33	49,6
2	75,74	46,4
3	79,53	47,4
4	72,44	36,0
5	68,64	28,0

Data dalam bentuk grafik dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 10. Grafik Kuat Tarik Sampel Terhadap Jenis Sampel



Gambar 11. Grafik Elongasi Sampel terhadap Jenis Sampel

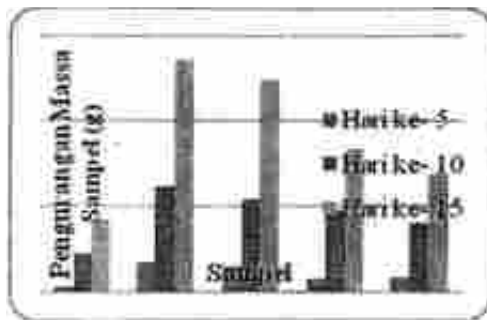
Dari hasil uji mekanik ini didapatkan bahwa film plastik yang dihasilkan dari sampel 1 (tapioka) memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan film plastik dari limbah pada tapioka (sampel 2,3,4 dan 5). Dari penelitian plastik konvensional (Polipropilen/PP) yang mempunyai range kuat tarik 24,7 – 302 kgf/cm² dan elongasi 21-220 % dan Edible Film yang mempunyai range kuat tarik 27,01 – 217,7 kgf/cm²

dan kemuluran 2,55-62,89%, limbah padat tapioka masih masuk dalam kriteria plastik.

Tabel 4. Data Hasil Uji Biodegradable

Sampel ke-	Pengurangan Massa Sampel (g) pada hari ke-		
	5	10	15
1	0,003	0,0225	0,0423
2	0,0170	0,0613	0,1362
3	0,0151	0,0537	0,1245
4	0,0074	0,0472	0,0837
5	0,0078	0,0398	0,0689

Data dalam bentuk grafik dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 12. Grafik Biodegradasi Sampel Plastik

Dari grafik tersebut dapat diketahui plastik hasil pencampuran dari limbah padat tapioka dan tapioka dengan pengurangan massa sebesar 0,0837 – 0,1362 g (sampel 2,3, dan 4) dibandingkan dengan plastik dari pati tapioka sebesar 0,0423 g (sampel 1) dan limbah padat tapioka sebesar 0,0689 g (sampel 5). Namun, plastik limbah pada tapioka masih lebih cepat terdegradasi dibandingkan plastik yang terbuat dari tapioka.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Limbah padat tapioka dapat digunakan sebagai bahan baku plastik mudah terurai

(Biodegradable) dan ramah lingkungan.

2. Plastik yang dihasilkan dari limbah padat tapioka (onggok) maupun yang divariasi dengan pati tapioka dengan kuat tarik 68,64 – 79,53 kgf/cm² dan elongasi 28 – 47,4% memenuhi kriteria dan sifat *polipropilen* (PP) dan edible film sebagai plastik kemasan. Polipropilen (pp) dengan range kuat tarik 24,7 – 302 kgf/cm² dan elongasi 21 – 220 % serta edible film dengan range 27,01 – 217,7 kgf/cm² dan elongasi 2,55 – 62,89%.

Limbah padat tapioka dan tapioka lebih cepat mengalami degradasi dengan pengurangan massa sebesar 0,0837 – 0,1362 g (sampel 2, 3, dan 4) dibandingkan dengan plastik dari tapioka sebesar 0,0423 g (sampel 1) dan limbah padat tapioka sebesar 0,0689 g (sampel 5). Namun, plastik limbah padat tapioka masih lebih cepat terdegradasi dibandingkan plastik yang terbuat dari tapioka.

Saran

Saran yang dapat diberikan :

1. Dalam proses pembuatan plastik harus menggunakan pelatut yang murni untuk memperoleh plastik yang baik.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mencari bahan untuk meningkatkan sifat mekanik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. **Produksi Tanaman Singkong Indonesia**. Badan Pusat Statistik.
- Cereda, M. P., C. M. Henrique, M. A. De oliveira, M. V. Ferraz, and N. M. Vincentini.2000.

- “Characterization of Edible Films of Cassava Starch by Electron Microscopy”**. Brazilian Journal of Food Technology.
- Cui, S. W. 2005. **“Food Carbohydrates Chemistry”**. Physical Properties. Adn Applications. CRC Press. Boca Raton. London. New York. Singapore.
- Darni, Y., Chici A., dan Sri Ismiyati D.2008. **“Sintesa Bioplastik Dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol”**. Seminar Nasional Sains dan Teknologi II. Universitas Lampung. Lampung.
- Denia, P. Abrista. 2011. **“Pengaruh Penambahan Selulosa Diastet dari Serat Nanas Terhadap Sifat Mekanik Edible Plastik berbasis Pati Tapioka”**. Departmen Fisika dan Teknologi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Fahrudin, A.U. S., dan Nur Indah F. 2010. **“Optimasi Pembuatan Plastik Biodegradabel Berbasis Ubi Kayu dengan Aditif Senyawa Limonen dari Kulit Jeruk untuk meningkatkan Elastisitas”**. PKM-GT. Universitas Negeri Malang, Malang.
- Firdaus, F., dan C. Anwar. 2004. **“Potensi Limbah Padat- Cair Industri Tepung Tapioka sebagai Bahan Baku Film Plastik Biodegradabel”**. Vol.1, No.2, 38-44, LOGIKA.
- Hendrasarie, N., 2004, **“Uji Efektifitas Biji Kelor (*Moringa Oleifera*), Sebagai Desinfektan Bakteri Coliform”** Jurnal Envirotek, Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, 1 (1), pp. 51-56
- Hendrasarie, N., 2001, **“Uji Chitosan Sebagai Alternatif Dekonsentrasi Cadmium Dalam Air Limbah”** Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Teknik, 1 (2), pp. 5-8
- Joedy. 2009. **“Pemanfaatan Onggok Tapioka sebagai Bahan Baku Pembuatan Minyak melalui Teknologi Biokonversi”**.<http://pagerjurang.blogspot.com>
- Latief, R.2001. **“Teknologi Kemasan Plastik Biodegradable”** Makalah Falsafah Sains (PPs 702). Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Lumbanrja, E.R 2007. **“Karakteristik Bioplastik Poli-Hidroksialkanoat (PHA) dengan Penambahan Polioksietilen-(20)-Sorbitan Monolaurat sebagai Pemplastik”**. Fakultas Teknik Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mariana, W. 2007 **“Kombinasi Penggunaan Effective Microorganism 4 (EM4) dan radiasi UV terhadap Tingkat Degredabilitas Plastik Biodegradabel”**. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Pranamuda, H.2009. **“Plastik yang bisa Hancur di Alam (Biodegradabel)”**.<http://desiran.blogspot.com/2009/plastic-yang-mudah-hancur-di-alam.html>.
- Pranamuda, H. 2009. **“Pengembangan Bahan Plastik Biodegradabel Berbahan Baku Pati Tropis”**.<http://shantybio.transdigrit.com/?Biology>.